

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G03F 7/039

[12] 发明专利申请公开说明书

G03F 7/20 G03F 7/26

H01L 21/027

[21] 申请号 01137027.0

[43] 公开日 2002 年 5 月 22 日

[11] 公开号 CN 1350205A

[22] 申请日 2001.10.19 [21] 申请号 01137027.0

[30] 优先权

[32] 2000.10.19 [33] JP [31] 318901/2000

[71] 申请人 索尼株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 竹内幸一

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

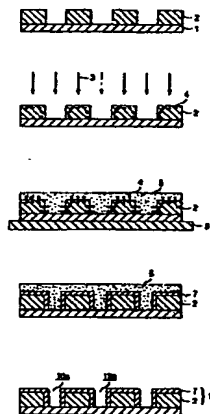
代理人 杜日新

权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图页数 5 页

[54] 发明名称 曝光方法

[57] 摘要

一种图形形成方法,能在衬底平面中形成有均匀尺寸精度的微细光刻胶图形,而不增大生产成本和不延长生产周期。该方法中,用光刻法在衬底上形成含光酸发生剂的第1光刻胶图形后,衬底上涂敷覆盖第1光刻胶图形的含有与酸反应的交联剂的光刻胶膜。第1光刻胶图形与光刻胶膜之间的界面处发生交联反应,生长交联层,形成交联层和第1光刻胶图形构成的第2光刻胶图形,在衬底上涂光刻胶层之前进行第1光刻胶层的光辐射步骤。



ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

BEST AVAILABLE COPY

权 利 要 求 书

1. 一种图形形成方法，包括以下步骤：

衬底上形成含有光酸发生剂的第 1 光刻胶图形；

光辐射第 1 光刻胶图形的曝光表面；

光辐射后，衬底上涂敷覆盖第 1 光刻胶图形的含有能与酸反应的交联剂的光刻胶膜；

在第 1 光刻胶图形与光刻胶层之间的界面处引起交联反应，生长交联层；和

形成交联层和第 1 光刻胶图形构成的第 2 光刻胶图形。

2. 按权利要求 1 的图形形成方法，其中，光是选自 ArF 准分子激光和 KrF 准分子激光的光之一。

3. 按权利要求 1 的图形形成方法，其中，形成第 1 光刻胶图形的含有光酸发生剂的基础树脂是选自甲基丙烯酸树脂和环烯基树脂中的一种树脂。

4. 按权利要求 1 的图形形成方法，其中，含有能与酸反应的交联剂的光刻胶膜的基础树脂是选自聚乙烯醇系树脂，聚丙烯酸系树脂和聚乙烯醇缩醛系树脂的一种树脂。

曝光方法

技术领域

本发明涉及图形形成方法，具体涉及在半导体器件、微型机械等制造中成为工艺掩模的微细光刻胶图形的图形形成方法。

背景技术

随着半导体器件的集成度增高，已经提高了栅极、布线和连接孔图形的精细程度。用光刻法形成的光刻胶图形作掩模，腐蚀各个底膜，形成这些图形。光刻法包括源光刻胶，图形曝光和显影处理等步骤。用下式(1)表示这样制成的光刻胶图形的最小线宽 R:

$$R=K1 \times \lambda / NA \quad (1)$$

式中 K1 是工艺常数， λ 是曝光用的光的波长，NA 是投影透镜的数字孔径。

从式(1)看到，缩短曝光光波长 λ 和增大投影透镜的数字式孔径能有效提高光刻胶图形的精细程度(即使最小线宽变细的程度)。因此，近年来已开发出诸如有高数字式孔径的曝光设备的投影透镜，因此，光刻图形曝光中用的光的波长已缩到水银灯的 g 线(波长 λ 为 436nm)，i 线(波长 λ 为 356nm)，KrF 准分子激光(波长 λ 为 248nm)，和 ArF 准分子激光(波长 λ 为 193nm)。

此外，为了进一步提高光刻胶图形的精细程度，不仅是分辨率而且曝光的焦深的增大均很重要。即，对应衬底的散焦范围，透镜相差，光刻胶厚度和曝光设备的聚焦调整等都是必需的。焦深 d 用下式表示(2)表示，

$$d=K2 \times \lambda / (NA)^2 \quad (2)$$

式中 K2 是工艺常数， λ 是曝光用光的波长，NA 是投影透镜的数字式孔径。

从式(2)看到，缩短曝光光的波长能有效增大焦深 d。另一方面，

看到增大投影透镜的数字式孔径 NA 能提高分辨率, 减小焦深。

因此, 为了补偿因投影透镜的数字式孔径增大造成的焦深减小, 必须用其它方式来增大焦深。其中一种方式是, 把光刻胶形成薄膜, 增大式 (2) 中的工艺常数 K_2 。此外, 使光刻胶膜变薄还能有效抑制显影时由于表面张力造成的图形缺陷。

但是, 光刻胶做薄时, 会担心要处理的膜作为底层腐蚀时光刻胶膜的厚度不够。因此, 用光刻胶材料的耐腐蚀性来确定光刻胶层的薄度极限。此外, 光刻胶做薄时, 用底层反射光与入射光之间的干扰, 即增大所谓的驻波效应, 来调整光刻胶中的光吸收量。为了抑制底层反射光的影响, 通常设置用 CVD (化学汽相淀积) 法形成的有机抗反射膜或抗反射膜作为光刻胶膜的下层。但是, 用抗反射膜来防止由于光刻胶膜变薄造成的驻波效应的方法中, 由于抗反射膜也需要腐蚀, 所以光刻胶也必须加厚, 因而由此来确定光刻胶的薄度极限。

因此, 正如 T. Azuma et al all "resist design for resolution limit of KrF imaging towards 130nm lithography" J. Vac. Sci. Technol. B16, 3734 (1998) 中所公开的方法中, 在要处理的膜上使用 CVD 法形成的氮化硅膜、多晶硅膜、或非晶硅膜作为层间膜, 经过该层间膜腐蚀要处理的膜。即, 用光刻胶图形作掩模腐蚀要处理的膜, 而且用该层间膜作掩模腐蚀要处理的膜。用对要处理的膜有高腐蚀选择率的膜作层间膜。按该方法, 光刻胶图形的厚度只是需要腐蚀的层间膜的厚度, 因而光刻胶膜的厚度与没有层间膜的情况相比明显地变薄。

此外, 日本特许公开 73922/1998 公开了一种方法, 在衬底上形成含光-酸发生剂的光刻胶图形后, 在衬底上涂敷覆盖该光刻胶图形的含与光酸反应的交联剂的光刻胶膜、在光刻胶图形与光刻胶之间的界面处发生交联反应, 以生长交联层。这时, 涂敷光刻胶膜后用光辐射, 在光刻胶图形中产生足够的酸。按该方法, 由于形成覆盖光刻胶图形的交联层, 交联层的厚度加到光刻胶图形上, 因此, 用光刻法形成的光刻胶图形的厚度能减薄添加的厚度量。

但是, 所述图形形成方法有以下缺点:

即，中间膜形成方法中必须进行膜形成步骤，如 CVD 法，需要有膜形成时间，清洗步骤和设层间膜的时间。而且，若层间膜留下，还会损坏器件的电性能，因此，必须在腐蚀要处理的膜后进行除去层间膜的步骤。因此增大了生产成本和加长了工艺时间。

光刻胶图形界面处形成交联层的方法中，不需要进行膜形成步骤，如不需进行 CVD 法，与设层间膜的方法相比，不会增大生产成本和延长工艺时间。但是，光经过含交联剂的光刻胶膜辐射光刻胶图形，在光刻胶膜中会出现光的多重干扰，因而不能使衬底整个表面上的光刻胶图形受到均匀的光辐射。因此光刻胶图形中产生的酸量出现波动，因而不能在衬底平面中的光刻胶图形界面处均匀形成交联层的膜厚。而且不能达到交联层构成的第 2 光刻胶图形的尺寸精度。引起衬底平面中的光刻胶图形波动。用该第 2 光刻胶图形处的底层也不能达到尺寸精度。

发明内容

因此，本发明的目的是提供能在衬底平面中形成尺寸精度的微细光刻胶图形的图形形成方法。而且不会增大生产成本和延长生产周期。

为达到发明目的，本发明的图形形成方法的特征有以下工艺步骤：

首先，衬底上形成含光酸发生剂的第 1 光刻胶图形，用光辐射该第 1 光刻胶图形。之后，衬底上涂敷覆盖第 1 光刻胶图形的含有与光酸反应的交联剂的光刻胶膜，在第 1 光刻胶图形界面发生交联反应生长交联层，形成交联层和第 1 光刻胶图形构成的第 2 光刻胶图形。

这种图形形成方法中，用光刻胶膜覆盖第 1 光刻胶图形之间用光辐射第 1 光刻胶图形。因此，能防止光辐射第 1 光刻胶图形时光在光刻胶膜中的多重干扰。使辐射到衬底整个表面上的光有效量均匀。因此，在衬底的整个表面上在第 1 光刻胶图形中产生的酸量均匀，能在第 1 光刻胶图形的露出界面处形成厚度均匀的交联层。

附图简述

图 1A 至 1E 是显示本发明图形形成方法的剖视图；

图 2 是实施本发明图形形成方法用的半导体制造设备的结构示意图

图;

图 3 是图 2 所示半导体制造设备用的光辐射单元的结构示意图;

图 4A 至 4D 是用于半导体器件制造方法中的本发明例的结构剖视示意图 (No. 1);

图 5A 至 5E 是用于半导体器件制造方法中的本发明例的结构剖视示意图 (No. 2);

图 6 是与发明例对比的对比例的结构剖视图。

优选实施例详述

以下将参见附图详细说明本发明的图形形成方法。这里将说明用于半导体器件制造方法中的本发明的图形形成方法的一个实施例。本发明的图形形成方法不限于用于半导体器件的制造方法中。它也能广泛用于微型机械的制造方法中, 或其它要求制造精细图形的制造方法中。

首先, 如图 1A 所示, 在半导体晶片制成的衬底 1 上用光刻法形成第 1 光刻胶图形 2。这里进行用化学放大的光刻胶的光刻。化学放大光刻胶是指含光酸发生剂的光刻胶, 在光刻中用图形曝光产生的酸的催化反应形成图形。

此外, 该光刻中的图形曝光中, 按第 1 光刻胶图形 2 的线宽和图形间隔, 所用的光刻胶材料、从 KrF 准分子激光曝光设备, i 线曝光设备, ArF 准分子激光曝光设备, F₂ 激光曝光设备, 电子束绘图设备, X-射线绘图设备和 X-射线曝光设备中选取合适的曝光设备, 进行曝光。

这时, 按曝光方式选择合适的光刻胶材料。例如, 用汞 I 线作曝光用光时, 用酚醛清漆为光刻胶材料的基本树脂。对光刻胶材料中的光酸发生剂无具体限制, 可用铈盐和尿素。

之后, 如图 1B 所示, 进行第 2 次曝光, 其中, 用光 3 辐射第 1 光刻胶图形 2。这时, 光 3 均匀辐射到衬底 1 的整个表面上, 在第 2 光刻胶图形 2 内产生足够的酸 4。为了进行该曝光, 要求用下述的曝光单元, 它能同时用光 3 辐射衬底 1 的整个表面。此外, 对光 3 的波

长无具体限制，只要它能够被第 1 光刻胶图形 2 中的光酸发生剂吸收即可。

之后，如图 1C 所示，衬底 1 上涂敷并形成覆盖光刻胶图形 2 的含有与酸反应的交联剂的光刻胶膜 5。这时，含交联剂的没硬化的光刻胶材料旋涂到衬底 1 上。

这里用的光刻胶材料是由聚乙烯醇系，聚丙烯酸系，聚乙烯醇缩醛系等构成的基础树脂，尿素系和三聚氰胺系构成的可溶性交联剂，作为溶剂的水，提供涂敷性能的可溶性溶剂和诸如表面活性剂的添加剂的混合物。

以后，例如，衬底 1 放在加热板 6 上加热，使第 1 光刻胶图形 2 中的酸 4 扩散进光刻胶膜 5 中。如图 1D 所示，由此在第 1 光刻胶图形 2 的界面附近，光刻胶膜 5 中的交联剂与酸 4 反应，在第 1 光刻胶图形 2 的界面形成交联层 7。选择衬底 1 的最佳加热温度和加热时间来控制要生长的交联层 7 的膜厚。这时，尽管随着加热温度变高交联层 7 的厚度增长变大，但加热温度设定在低于第 1 光刻胶图形 2 软化开始的温度范围内。

以后，如图 1E 所示，衬底 1 回到室温后，用树脂溶剂洗去光刻胶膜 5 的没反应的部分。由此制成用第 1 光刻胶图形 2 和覆盖它的交联层 7 构成的第 2 光刻胶图形 10。第 2 光刻胶图形 10 的厚度是光刻形成的第 1 光刻胶图形 2 的厚度与交联层 7 的厚度之和。

上述方法中，用光刻胶膜 5 覆盖第 1 光刻胶图形 2 之前，光 3 辐射第 1 光刻胶图形 2。因此能防止光辐射中光 3 对光刻胶膜 5 的多重干扰，能对衬底 1 上的第 1 光刻胶图形 2 进行光辐射，并使辐射到衬底 1 的整个表面上的有效光量均匀。而且，在衬底 1 的整个表面上在第 1 光刻胶图形 2 中能产生均匀量的酸，因而能在衬底 1 的整个表面上的第 1 光刻胶图形 2 的界面生长均匀的有足够厚度的交联层 7。结果，在衬底 1 上能形成厚度均匀和尺寸精确的第 2 光刻胶图形 10。

而且，由于该第 2 光刻胶图形的厚度是第 1 光刻胶图形 2 的厚度加交联层 7 的厚度，所以第 1 光刻胶图形 2 的厚度可以减薄交联层的

厚度。因此，形成第 1 光刻胶图形 2 的光刻中，进行图形曝光中有更高的分辨率。结果，不要用 CVD 法形成导间膜，即，不会增大生产成本，不会延长生产周期。能形成有更微细的线宽和开口宽度的光刻胶图形。

特别是，在该情况下，由于第 1 光刻胶图形 2 的侧壁上也形成有交联层 7，所以扩大了第 2 光刻胶图形 10 的保留部分图形的线宽。而且，在要加速提高物体的精细程度的情况下，要求物体形成去掉图形 10a 如孔图形或槽图形。第 2 次曝光中，光 3 辐射第 1 光刻胶图形 2 时，与第 1 光刻胶图形 2 的侧壁相比，光 3 更多地辐射到第 1 光刻胶图形 2 的顶表面上。因此，顶表面处的交联层 7 的厚度比第 1 光刻胶图形 2 侧壁处的厚度厚。

以下要说明作为半导体制造设备构件的实施与此相同的图形形成方法用的制造设备。图 2 是半导体制造设备的实例的结构示意图。图 2 所示半导体制造设备包括载体盒安置部分 21、21，其中放有装要处理的晶片 W（即，衬底）的载体盒（没画），和设在载体盒安置部分 21 附近的晶片输送部件 23。

而且，晶片输送部件 23 的周围安置有以下各个单元。设有用光辐射晶片 W 的光辐射单元 24，给晶片 W 旋涂光刻胶膜用的旋涂单元 25，给涂有光刻胶膜的晶片 W 加热用的加热单元 26，干燥和冷却加热晶片 W 用的晶片干燥和冷却单元，用于除去晶片 W 表面上的光刻胶膜的晶片清洗单元 28。

装在载体盒安置部分 21 的载体盒中的晶片用输送部件 23 输送到各个单元，随后在各个单元中进行处理。

这些单元中，构成用光辐射晶片 W 用的光辐射单元 24，如图 3 所示。图 3 所示光辐射单元包括例如高压汞灯构成的光源 31，镜子 32，凹透镜 33，光栅 34，复眼透镜 35，狭缝 36，镜子 37，凸透镜 38，载物架 39，照度计 40，从光源 31 开始顺序安置在光 3 辐射通道中。

从光源 31 辐射的光被镜子 32 反射，通过光栅 34，入射到复眼透镜 35。该复眼透镜 35 用多个小凸透镜捆扎在一起构成，它有限定的

方向性，和均匀的光漫射特性，能均分和均匀漫射入射光 3。该复眼透镜 35 变成二次光源，光通过狭缝 36。该狭缝 36 遮蔽光束的周边部分，以防止光在透镜周边散射。通过了狭缝 36 的光 3 通过凸透镜 38 变成平行光 3，并均匀地辐射到放在载物架 39 上的晶片 W 的整个表面上。用光栅 34 的打开时间控制光 3 的辐射量，通过照度计 40 预先校正光照度。

用显影液涂敷机的光刻胶旋涂单元作为旋涂单元 25。该旋涂单元 25 包括晶片旋转卡盘，供料喷嘴，含有交联剂的光刻胶溶液从供料喷嘴供给由晶片旋转卡盘旋转固定的晶片 W 上，由此把光刻胶膜旋涂在晶片 W 表面上。

加热单元 26 包括用于蒸发晶片 W 上涂敷的光刻胶膜的溶剂，例如水的加热块，和加热晶片 W 以形成交联层用的加热块，各个加热块按两级垂直安置。每个加热块包括加热板，其结构应使加热板的温度使晶片 W 的平面温度精度能控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。而且，使晶片 W 的平面中的温度分布均匀。并设有排气部分，用它调节晶片 W 周围的气流。

之后，包括干燥晶片 W 的加热板的加热块，包括把晶片 W 冷却到室温的冷却板的冷却块，各个块按两级垂直安放，构成晶片干燥和冷却单元 27。

显影液涂敷机的显影单元用作晶片清洗单元 28。清洗单元 28 中设晶片旋转卡盘和两个供料喷嘴，用晶片旋转卡盘旋转地固定晶片 W，一个供料喷嘴供给异丙醇，另一供料喷嘴供给纯水。由此，用异丙醇和纯水处理晶片 W 表面，晶片 W 进行旋转干燥。

用有该结构的半导体制造设备，能连续而顺序地进行图 1 所示各个步骤。

此外，由于设有用光均匀辐射晶片 W 的整个表面的光辐射单元 24，能使辐射到晶片 W（衬底 1）的整个表面上的光的有效量进一步均匀，因此，可以在衬底 1 的整个表面上的光刻胶图形 2 的界面处均匀生长有足够厚度的交联层 7。

另外，有该结构的半导体制造设备也可以用普通的显影液涂敷机

构成。显影液涂敷机包括载体盒安置部分，晶片输送部件，周边曝光辐射单元。旋涂单元，显影单元，加热单元，晶片干燥和冷却单元。这里，周边曝光单元用光辐射晶片边缘，在显影时去掉晶片边缘的光刻胶（正型光刻胶）。因此，周边曝光单元更换进所述的光辐射单元 24 中，从旋涂单元的供料喷嘴加含交联剂的光刻胶材料溶液，并从显影单元的供料喷嘴供给异丙醇，所以，它能用作有所述结构的半导体制造设备。

之后，将用图 4 和图 5 说明本发明的图形形成方法的具体例用于半导体器件的制造方法。

首先，如图 4A 所示，在硅衬底 101 的表面侧形成元件隔离区 102，之后，硅衬底 101 上形成线宽为 $0.1\mu\text{m}$ 的栅极 103，硅衬底 101 的表面层上形成源/漏扩散层 101a。之后，用 CVD 法在硅衬底 101 上形成要变成层间绝缘膜的氧化硅膜 104 后，用 CMP（化学机械抛光）法整平氧化硅膜表面。由此，使氧化硅膜 104 的厚度为 $500\pm 50\text{nm}$ 。这时，用 CMP 步骤磨薄量波动引起的氧化硅膜 104 的厚度波动范围在 $\pm 50\text{nm}$ 内。

之后，如图 4B 所示，在氧化硅膜 104 上旋涂厚度为 135nm 用有机材料构成的抗波动膜 105。这时，为在以后的图形曝光步骤中充分抑制从底层的反射光，形成 135nm 厚的抗波动膜 105。抗波动膜 105 的厚度不够时，氧化硅膜 104 的厚度波动会改变光的干扰状态，它还会使从底层反射的光强度变化。因此，在以后的图形曝光和显影而形成光刻胶图形的步骤中，它的尺寸会波动。

之后，抗波动膜 105 上旋涂 390nm 厚的正型化学扩大光刻胶 106。主要含铈盐光酸发生剂的光刻胶和有乙缩醛基作保护基的聚羟基不锈钢树脂用作化学扩大光刻胶 106。

之后，用缩小率为 $1/4$ 的投影透镜用 KrF 准分子激光扫描仪（曝光波长 λ 为 248nm ）实施到化学扩大光刻胶 106 的通孔图形的曝光，衬底在 1300°C 加热 90 秒钟后，用 $2.0\text{wt}\%$ 的 TMAH（氢氧化四甲铵）稀释溶液显影，最好用纯水清洁。由此，如图 4C 所示，形成有孔径

为 220nm 的孔图形 107 的第 1 光刻胶图形 106a。

之后，如图 4D 所示，用汞灯 108 辐射的光 3 均匀辐射衬底 101，总的曝光量为 $80\text{J}/\text{m}^2$ ，在第 1 光刻胶图形 106a 的表面中产生酸 109。这时，用图 3 所述结构的光辐射单元 24。

之后，如图 5A 所示，在衬底 101 上旋涂厚度为 800nm 含有交联剂的光刻胶膜 110。这时，用聚乙烯酸系可溶性树脂，尿素系交联剂，作为溶剂的水，和诸如表面活性剂的添加剂制成要涂敷的光刻胶材料溶液。之后，衬底 101 放在加热板 111 上加热。这时，首先在 850°C 加热 70 秒钟，蒸发掉溶液中的溶剂。之后，在 110°C 加热 70 秒钟，第 1 光刻胶图形 106a 表面上的酸扩散进光刻胶膜 110 中。由此，扩散进光刻胶膜 110 中的酸 109 与光刻胶膜 110 中的交联剂相互反应，形成覆盖第 1 光刻胶图形 106a 的不溶于水的交联层 112。

之后，如图 5B 所示，衬底 101 上喷淋异丙醇溶液，溶解除去没被交联的光刻胶膜 (110) 的部分，最后，用纯水洗衬底 101，衬底 101 加热干燥。由此形成用交联层 112 覆盖其表面 106a 的第 2 光刻胶图形 113。第 2 光刻胶图形 113 的高度变成交联层 112 的厚度 110nm 加光刻胶图形 106a 的高度 390nm 之和 500nm。通孔图形的直径从 220nm 减小至 100nm。

之后，如图 5C 所示，用第 2 光刻胶图形 113 作掩模腐蚀底层抗波动膜 105，腐蚀条件如下：

<抗波动膜 105 的腐蚀条件>：

腐蚀设备：气体类感应耦合等离子腐蚀机。

流量： O_2 (10sccm) / He (100sccm)。

第 2 光刻胶图形 113 对抗波动膜 105 的选择比：1

过腐蚀量：30%

之后，如图 5D 所示，用第 2 光刻胶图形作掩模，再次腐蚀氧化硅膜 104，这时的腐蚀条件如下：

<氧化硅膜 104 的腐蚀条件>：

腐蚀设备：气体类平行平板型等离子腐蚀机。

气体种类和流量：八氟环丁烷 C_4F_8 (2sccm) / O_2 (10sccm) / Ar (300sccm)。

第2光刻胶图形113对氧化硅膜104的选择比：3。

过腐蚀量：30%

气体流速单位“sccm”是指标准的 cm^3 /分钟，指示气体在标准状态的流速。

按上述方式，在氧化硅膜104中形成达到衬底101的表面层的扩散层101a的连接孔104a。

此后，如图5E所示，对氧化硅膜104进行氧灰化抛光，除去残留在硅衬底101和有机抗波动膜(105)上的第2光刻胶图形(113)，用硫酸和过氧化氢混合液进行后期处理。

通过以上的一系列步骤，在衬底101的平面中有均匀尺寸精度的衬底101的上部的氧化硅膜104中形成直径为100nm的连接孔104a。

并按下述方式设定形成连接孔104a所需的第2光刻胶图形113的厚度。首先，计算经两次腐蚀第2光刻胶图形113减去的厚度。

第2光刻胶图形113减去的厚度 = (抗波动膜的厚度/腐蚀选择比) \times (1 + 过腐蚀量) + (层间膜厚/腐蚀选择比) \times (1 + 过腐蚀量) = (135nm/1) \times (1 + 0.3) + (500nm/3) \times (1 + 0.3) = 175.5nm + 216.7nm = 392nm。

这里，尽管抗波动膜也有腐蚀掩模的功能。如果腐蚀到抗波动膜105而使膜减薄，则严重损坏腐蚀后的连接孔104a的直径均匀性。此外，由于腐蚀时第2光刻胶图形113的通孔图形107的开口部分扩大，为了防止到通孔图形107的底部扩大，必须使腐蚀后的第2光刻胶图形113的残留膜至少厚60nm。因此，第2光刻胶图形113要求的厚度变成 $392nm + 60nm \cong 450nm$ 。

之后，上述实施例中，第2光刻胶图形113的厚度为500nm，由此能保证连接孔104a的直径均匀和保持它的形状。

只用第1光刻胶图形106a作掩模而不形成交联层112在氧化硅膜104中形成连接孔时，如图6所示，氧化硅膜104中的连接孔104a的

上开口扩大。这种情况下，连接孔 104a 与其上部之间的部分上形成的布线之间会发生电短路，不能制成半导体器件。

如上所述，按本发明的图形形成方法，用含有能与酸反应的交联剂的光刻胶膜覆盖第 1 光刻胶图形之前，用光辐射第 1 光刻胶图形。所以，能在衬底平面中形成有均匀厚度和尺寸精确的第 2 光刻胶图形。由于不必用 CVD 法形成层间膜，因此可以在衬底平面中形成有均匀尺寸精度的更微细的第 2 光刻胶图形，不会增大生产成本和延长生产周期。结果，用第 2 光刻胶图形作掩模，能在衬底平面中形成形状精度提高了的微细图形。

说明书附图

图 1A

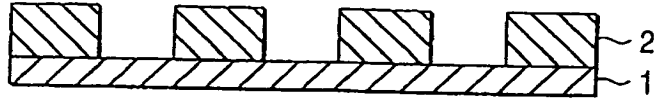


图 1B

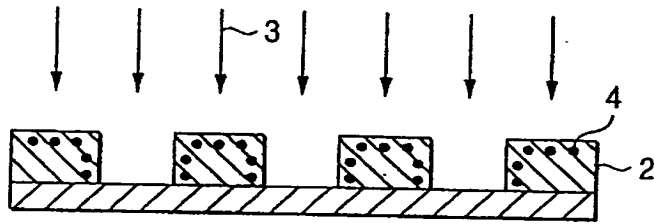


图 1C

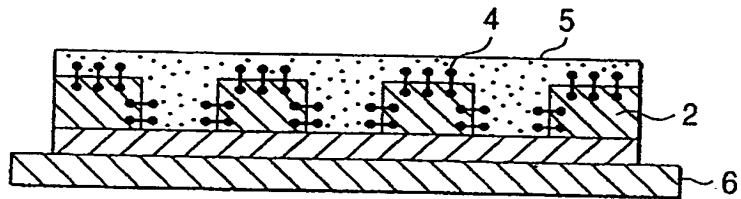


图 1D

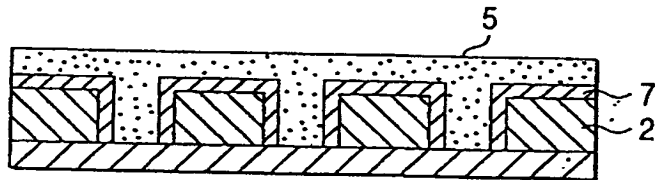


图 1E

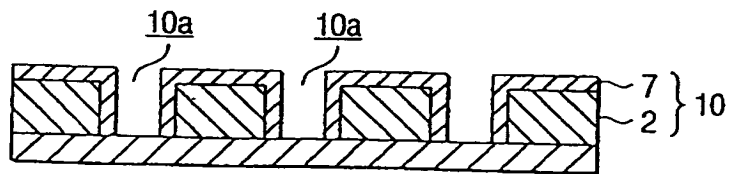


图 2

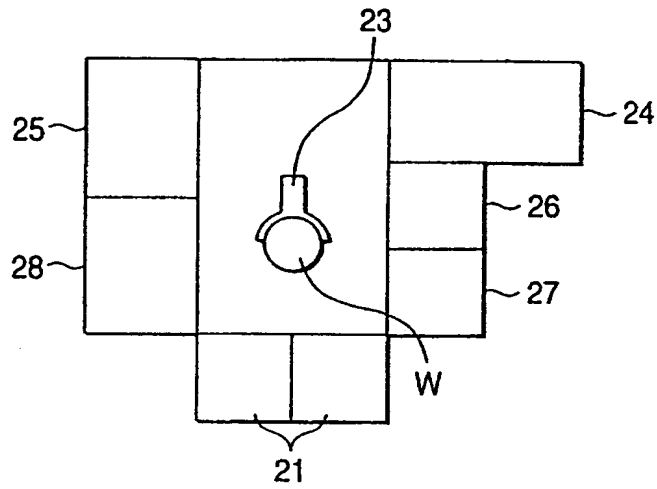


图 3

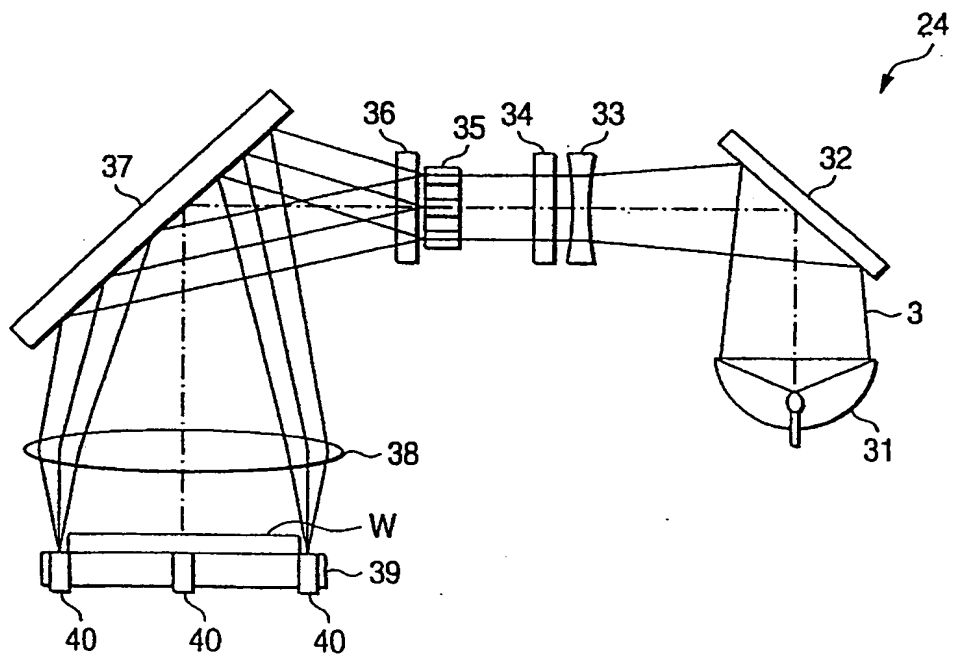


图 4A

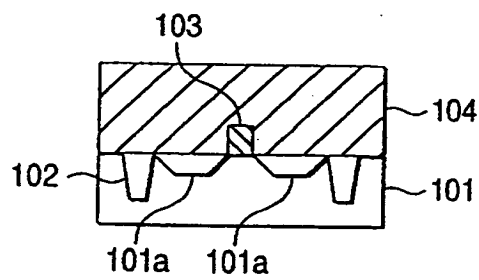


图 4B

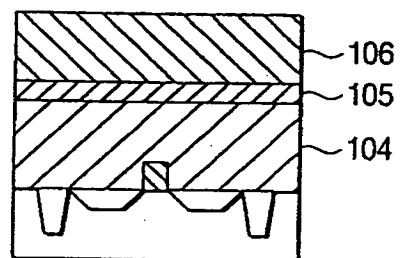


图 4C

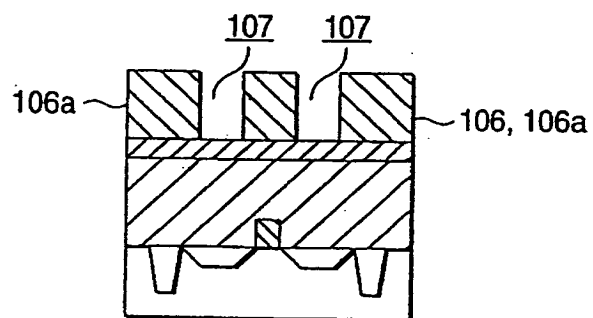


图 4D

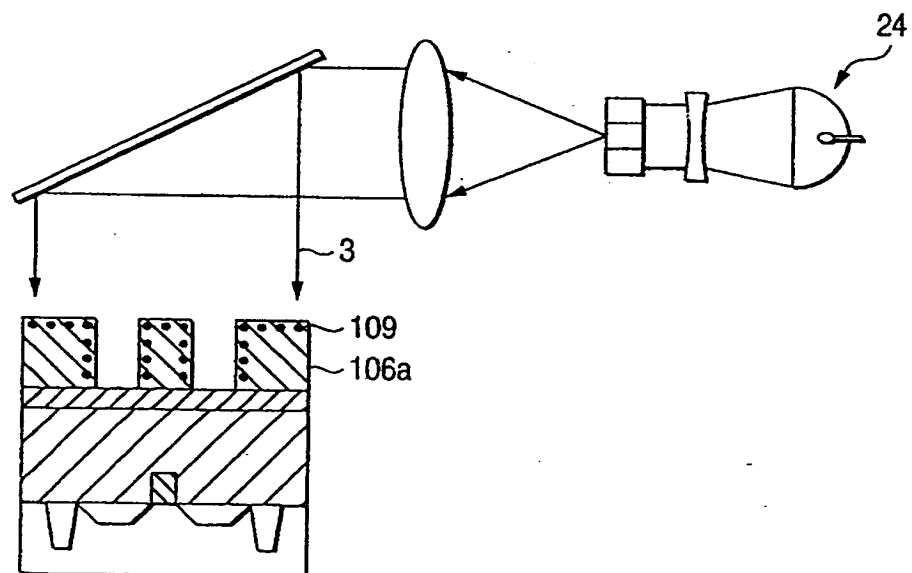


图 5A

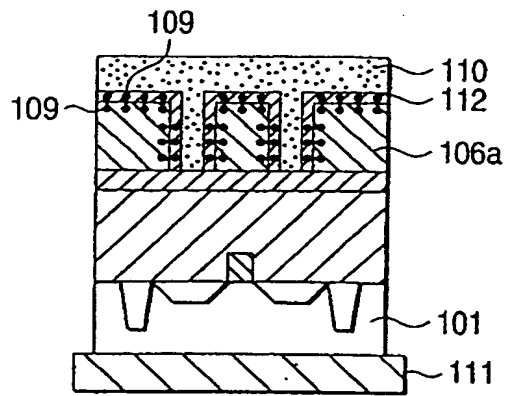


图 5B

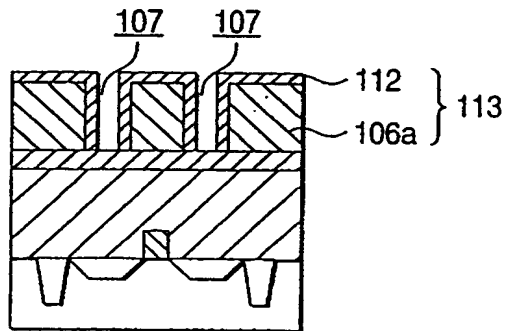


图 5C

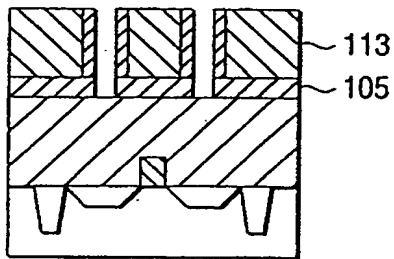


图 5D

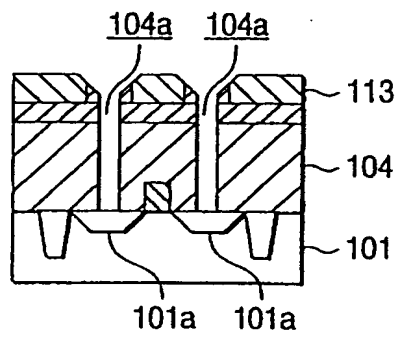


图 5E

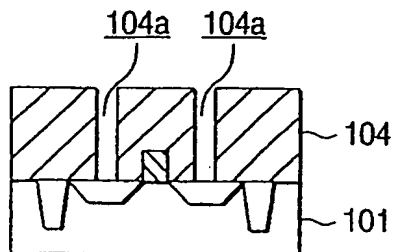
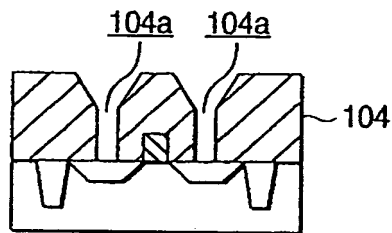


图 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)